Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 13, No. 2, June. July. 2017, p. 240- 250

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۳، شماره ۲، خرداد-تیر ۱۳۹۶ ص.۲۵۰-۲۴۰

بررسی اثر انجماد سریع و کند بر ویژگی‌های عملکردی (ویژگی‌های رئولوژیکی، پایداری امولسیون و کف) صمغ دانه قدومه شهری

مریم محفوظی[۱]- آرش کوچکی[۲]*- سید محمد علی رضوی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۵/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۲/۲۳

چکیده

در این تحقیق اثر انجماد کند (۱۰°C-) و تند (۱۹۶°C-) بر ویژگی‌های عملکردی صمغ دانه قدومه شهری در غلظت‌های ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ درصد (وزنی-وزنی) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که ویسکوزیته ظاهری محلول های حاوی صمغ قدومه شهری پس از فرایند انجماد سریع کمی افزایش یافت که معنی‌دار نبود. تمامی نمونه‌ها از خود رفتار رقیق‌شونده با برش نشان دادند. در مدل‌های برازش شده تغییر معنی‌دار(در سطح ۰/۰۵) در شاخص رفتار جریان و ضریب قوام اکثر نمونه‌ها مشاهده نشد. اندازه ذرات امولسیون حاوی صمغ قدومه شهری پس از اعمال دمای‌های پایین تغییر معنی‌داری نکرد (در سطح معنی‌دار ۰/۰۵) که نشان‌دهنده ثبات این صمغ در برابر شرایط مختلف انجماد است. همچنین هیچ تغییری درحجم کف‌های تهیه شده پس از ۳۰ دقیقه مشاهده نشد. بنابراین، نتایج حاکی از آن است که صمغ قدومه شهری طی نگهداری محصولات غذایی طی انجماد می‌تواند از پایداری خوبی برخوردار است.

واژه های کلیدی: انجماد، صمغ دانه قدومه شهری، ویژگی های عملکردی

مقدمه

واژه هیدروکلوئید به گروهی از پلی‌ساکاریدها و برخی پروتئین‌ها اطلاق می‌شود که باعث ایجاد قوام و تشکیل ژل در محلول‌های آبی شده که به پایدار کردن کف‌ها، امولسیون‌ها و دیسپرسیون‌ها کمک کرده و همچنین در آزاد شدن طعم نقش‌دارد (Burey, Bhandari, Howes & Gidley, 2008).

در صنعت غذا به‌منظور افزایش عمر ماندگاری مواد غذایی فرایند شده از فرآیندهای مختلفی استفاده می‌شود. اعمال دماهای مختلف باعث تغییر در خصوصیات رفتاری مواد غذایی می‌شود. دماهای مختلف ممکن است باعث کاهش یا افزایش ویسکوزیته ماده غذایی شود که این امر در حمل و نقل، پمپ کردن، نگهداری و غیره موثر می‌باشد. پایداری امولسیون و کف نیز ممکن است تحت تاثیر تغییرات pH و اعمال دماهای مختلف قرار بگیرد (Glicksman, 1982).

انجماد به‌طور وسیعی در عملیات نگهداری مواد غذایی کاربرد دارد و از طرفی سرعت واکنش‌های بیو شیمیایی را کاهش می‌دهد که می‌تواند در افزایش عمر مواد غذایی موثر باشد (Bhandri & roos, 2012). به‌طورکلی هیدروکلوئیدها سرعت رشد کریستال‌های یخ در دیسپرسیون‌ها را کاهش می‌دهند (Holt & William, 1991). در فرایند انجماد دلیل افزایش ویسکوزیته در دیسپرسیون‌ها نزدیک شدن زنجیره‌های صمغ طی تبدیل مولکول‌های آب به کریستال‌های یخ می‌باشد که پس از انجماد مقداری از این پیوندها پایدار باقی می‌ماند (Naji, Razavi & Karazhiyan, 2013).

صمغ دانه قدومه شهری در محلول‌های آبی ویسکوزیته مناسبی ایجاد می‌کند، ویسکوزیته آن متاثر از دما بوده به‌طوری که کاهش دما باعث افزایش ویسکوزیته محلول‌های حاوی صمغ قدومه شهری می‌شود. همچنین این صمغ در اثر تنش رفتار سودوپلاست از خود نشان می‌دهد. صمغ دانه قدومه شهری در آب حلالیت کمی داشته، با این حال ظرفیت جذب آب آن بسیار مناسب بوده و شبیه صمغ زانتان است. محققین در نتایج خود نشان دادند که این صمغ باعث افزایش پایداری امولسیون و کف نیز می‌شود (Koocheki, Taherian & Bostan, 2013).

با توجه به اینکه صمغ دانه قدومه شهری ویژگی‌های کارکردی

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(* - نویسنده مسئول: Email: koocheki@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/ifstrj.v1395i0.49167

مناسب دارد، می‌توان از این صمغ در تولید فراورده‌های غذایی که تحت تنش‌های مختلف (به‌طور مثال در دماهای مختلف) قرار می‌گیرند استفاده کرد. در مواد غذایی مختلف تعیین اثر دما بر رفتار اجزاء تشکیل‌دهنده ماده غذایی اهمیت ویژه‌ای دارد. بنابراین، با توجه به اینکه اکثر فراورده‌های غذایی حاوی یکی از ترکیبات تثبیت‌کننده می‌باشند، بررسی ویژگی‌های عملکردی هیدروکلوئیدها در دماهای مختلف فرایند بسیار حائز اهمیت است. هدف از این تحقیق بررسی رفتار صمغ دانه قدومه شهری در هنگام اعمال فرایندهای دمایی پایین بوده است.

مواد و روش ها

آماده‌سازی محلول‌ها

دانه قدومه شهری از یکی از عطاری‌های سطح شهر مشهد خریداری و پس از تمیز کردن صمغ آن به روش کوچکی و همکاران (۲۰۰۹) استخراج شد. صمغ دانه قدومه شهری با غلظت‌های ۰/۵، ۰/۷۵، ۱ درصد (وزنی-وزنی) درآب مقطر تهیه و به‌منظور جذب آب کامل به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط نگهداری شد.

تیمار انجماد

دیسپرسیون‌های نمونه‌ها پس از آماده‌سازی با دو روش مختلف (تند و کند) منجمد شدند. انجماد تند به کمک ازت مایع در دمای ۱۹۶- درجه سانتی‌گراد به مدت پنج دقیقه و انجماد کند در فریزر با دمای ۱۰- درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت انجام گرفت. زمان خروج از انجماد نیز ۱۲ ساعت به‌طول انجامید. سپس نمونه‌ها به‌منظور رفع کامل انجماد در دمای محیط قرار گرفتند.

بررسی رفتار جریان

پس از اعمال تنش ویسکوزیته و رفتار جریان صمغ ها توسط ویسکومتر دورانی (مدل بوهلین، ویسکو۸۸، انگلستان) در دمای محیط در دامنه درجه برش ۱۴ تا s^{-1} ۳۰۰ اندازه‌گیری شد. با توجه به ویسکوزیته نمونه‌ها از اسپیندل C_3. استفاده گردید. حجم مناسبی از نمونه‌ها داخل کاپ ریخته شد و در تماس با باب و سیرکولاتور قرار گرفت و به‌منظور بررسی رفتار جریان محلول‌های صمغی از مدل‌های زیر استفاده شد.

(۱) مدل قانون توان $\tau = k_p \gamma^n$

(۲) مدل هرشل بالکی $\tau = \tau_0 + k\gamma^n$

(۳) مدل بینگهام $\tau = \tau_0 + k\gamma$

(۴) مدل کاسون $\tau^{0.5} = k_0^{0.5} + k(\gamma)^{0.5}$

در تمامی معادله‌ها τ، تنش برشی (Pa)، τ_0، تنش تسلیم (Pa)، K، بزرگی ویسکوزیته یا ضریب قوام ($Pa.s^n$)، γ، سرعت برشی (s^{-1}) و n، شاخص رفتار جریان (بدون بعد) است.

آماده‌سازی امولسیون

جهت تهیه امولسیون‌های مورد نظر مقادیر ۰/۱ و ۰/۲ گرم از صمغ قدومه شهری در ۵۰ سی‌سی آب مقطر به‌همراه ۲ گرم پروتئین آب پنیر در ۳۰ سی‌سی آب مقطر به‌طور جداگانه توسط همزن مغناطیسی به مدت ۱۰ دقیقه هم زده شد. پس از آن محلول صمغ به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط قرار گرفت تا به‌طور کامل آب‌گیری صورت گیرد. پس از جذب آب محلول‌های صمغ تحت انجماد قرار گرفتند و تا دمای محیط خنک شدند.تمام امولسیون‌ها در سه مرحله تهیه شدند. برای این منظور ۲۰ گرم روغن به محلول پروتئین اضافه و توسط یک همزن مغناطیسی همزده شد. این مخلوط با استفاده از دستگاه هموژنایزر اولتراتوراکس IKA) T25، آلمان) با سرعت ۲۰۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲ دقیقه در دمای اتاق همگن شد. سپس محلول صمغ تنش دیده به مخلوط همگن شده اضافه و به مدت ۴ دقیقه با همان سرعت هموژنیزه شد (Soleimanpou, koocheki & kadkhodaee, 2013).

اندازه ذرات

بدین منظور میانگین اندازه ذرات نمونه‌ها با دستگاه پارتیکل سایزر کارپوآن مدل VASCO 3 ساخت کشور فرانسه با طول موج ۶۵۷ نانومتر در محدوده دقت ۰/۵ نانومتر تا ۶ میکرون که بر مبنای نور لیزر کار می‌کند اندازه‌گیری شد.

آماده‌سازی کف

محلول‌های صمغ دانه قدومه شهری در غلظت ۰/۵ درصد (وزنی- وزنی) تهیه و به‌منظور جذب آب کامل به مدت ۲۴ ساعت در دمای یخچال (۴ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند و سپس تحت انجماد قرار گرفتند. ۲ درصد پودر سفیده تخم‌مرغ به محلول‌ها اضافه و توسط هموژنایزر (اولترا توراکس‌تی ۲۵، شرکت IKA، آلمان) با rpm ۲۰۰۰۰ به مدت ۲ دقیقه همزده شدند (Koocheki, Taherian & Bostan, 2013).

پایداری کف

کاهش حجم کف پس از ۳۰ دقیقه به‌عنوان شاخص پایداری در نظر گرفته شد و بر اساس رابطه زیر محاسبه گردید (Y. Wang D. Li, L. Wang, S. Li & Adhikari, 2010)

(۵) پایداری کف = $(V_2 - V_1 / V_1) \times 100$

درمعادله فوق، V_2، حجم کف تولیدی و V_1، حجم محلول اولیه می‌باشد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

برای تجزیه تحلیل آماری داده‌ها از طرح کاملا تصادفی با آرایش فاکتوریل استفاده گردید. داده‌ها توسط آنالیز واریانس (ANOVA) در نرم‌افزار Minitab R14 تحلیل شدند. اختلاف بین میانگین‌ها به روش آزمون Tukey در سطح معنی‌دار ۰/۰۵ مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای برازش داده‌ها با مدل‌های رئولوژیکی مستقل از زمان از نرم‌افزار Slide Write و برای برازش نمودارها از نرم‌افزار Microsoft Excel 2013 استفاده شد. تمامی آزمایشات در سه تکرار انجام گرفت.

نتایج و بحث

تاثیر فرایندهای انجماد بر رفتار مستقل از زمان صمغ قدومه شهری

اساسی‌ترین ویژگی رئولوژیکی ماده غذایی، ویسکوزیته آن می‌باشدکه نشان‌دهنده رفتار جریان سیستم‌های مایع است (Steff, 1996). همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، در غلظت‌های ۰/۵ و ۰/۷۵ درصد (وزنی-وزنی)، ویسکوزیته ظاهری محلول‌های صمغ قدومه شهری تحت فرایند انجماد سریع، افزایش جزئی پیدا کرد. این امر احتمالا مربوط به تمایل زنجیره‌های این صمغ به تشکیل اتصالات بین مولکولی با کاهش میزان آب آزاد طی انجماد است. فرایند انجماد بر ویسکوزیته ظاهری صمغ با غلظت یک درصد اثر نداشت. با تبدیل آب به یخ، غلظت صمغ در قسمت انجماد نیافته افزایش می‌یابد که باعث افزایش تجمع زنجیره‌ها در این ناحیه شده و در نهایت پس از انجماد افزایش ویسکوزیته نمونه را به دنبال دارد (Naji, Razavi & Karazhiyan, 2013). تغییری در ویسکوزیته ظاهری محلول‌های صمغ قدومه شهری که در معرض انجماد کند قرار گرفته بودند مشاهده نشد. بنابراین، احتمالا فرایند انجماد کند تاثیری بر پیوندهای داخلی صمغ قدومه شهری ندارد.

هنگامی که مواد غذایی منجمد می‌شوند، به دلیل تشکیل کریستال‌های یخ و ایجاد بافت غیریکنواخت، کیفیت محصول نهایی تحت تاثیر قرار می‌گیرد (Williams, Sadar & Lo, 2009). با بکارگیری هیدروکلوئیدها می‌توان از هدر رفت آب و کاهش ویسکوزیته جلوگیری کرد. هیدروکلوئیدها از طریق جلوگیری از رشد کریستال‌های یخ و حفظ آب، آثار منفی حاصل از انجماد را به حداقل می‌رسانند (Phillips & Williams, 2000).

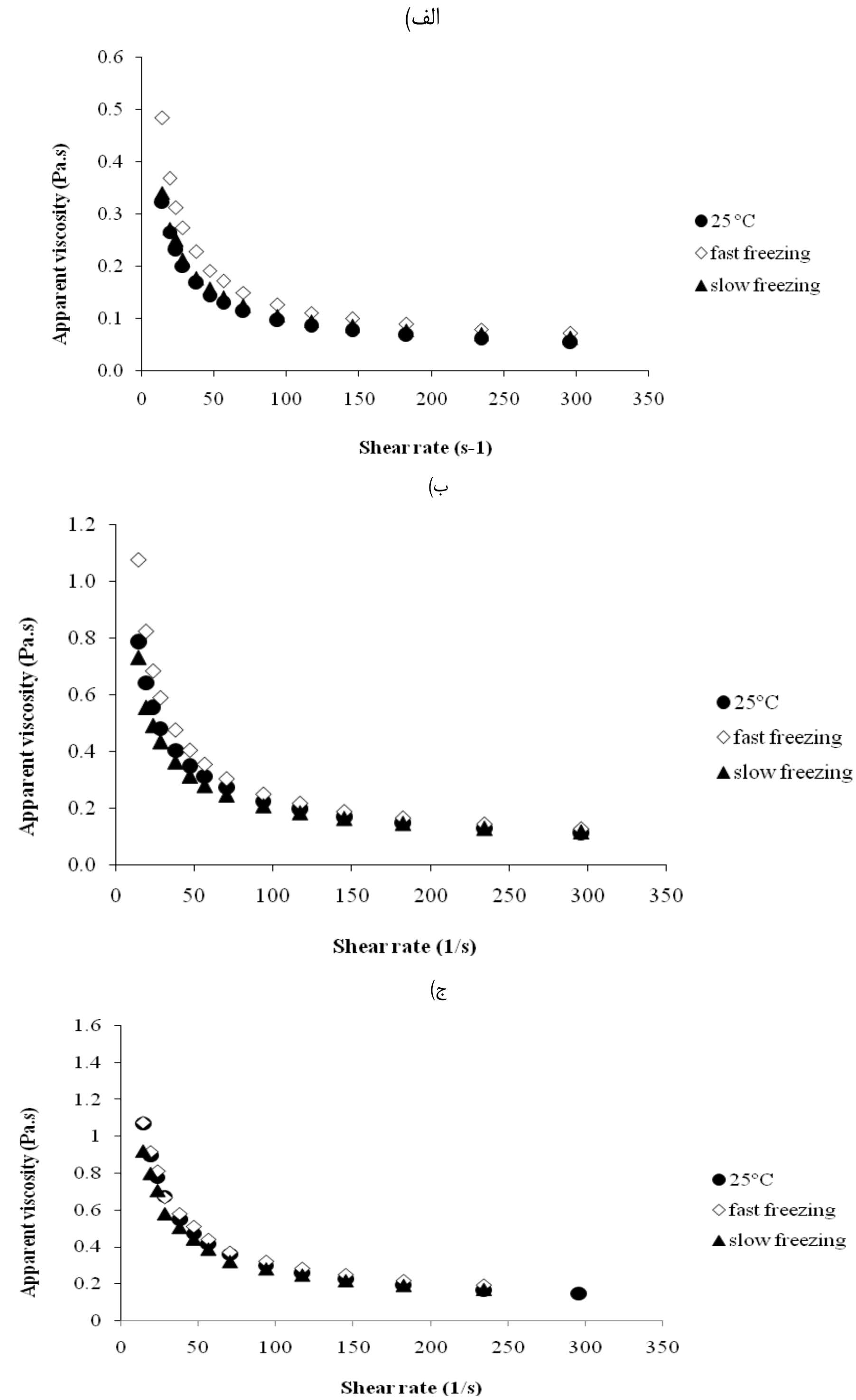
نتایج حاصل از برازش داده‌ها با استفاده از مدل قانون توان برای محلول‌های صمغ دانه قدومه شهری در شرایط مختلف انجماد در جدول ۱ نشان داده شده است. با توجه به پارامترهای حاصل از قانون توان، مشابه نمونه‌های شاهد، رفتار رقیق‌شونده با برش (n<۱) در محلول‌هایی که در معرض انجماد تند و کند قرار گرفته بودند نیز مشاهده شد.

شاخص رفتار جریان محلول‌های صمغ قدومه شهری با انجماد نیز تغییر نکرد (جدول ۳-۱). عدم تغییر معنی‌دار در مقادیر شاخص رفتار (n) حاکی از آن است که صمغ قدومه شهری طی نگهداری محصولات غذایی طی انجماد از پایداری خوبی برخوردار است. این امر نشان‌دهنده ثبات رفتار ضعیف‌شونده با برش این صمغ‌ها در طی انجماد است. خدایی و همکاران (۲۰۱۴) نیز رفتار مشابهی برای صمغ دانه بالنگو مشاهده کردند. شاخص رفتار جریان صمغ دانه بالنگو در سیکل های انجماد و خروج از انجماد (۱۸- و ۳۰- درجه سانتی‌گراد) ثابت بوده که نشان‌دهنده پایداری صمغ بالنگو در برابر انجماد می‌باشد (Khodaei, Razavi & Haddad Khodaparast, 2014).

شرایط مختلف انجماد بر ضریب قوام اکثر نمونه‌ها اثر معنی‌داری نداشت. تنها در غلظت ۰/۷۵ درصد صمغ، نمونه‌هایی که به روش انجماد کند و تند منجمد شده بودند از نظر ضریب قوام با هم تفاوت معنی‌داری (در سطح ۰/۰۵) داشتند. عدم تغییر در اندیس رفتار جریان و ضریب قوام اکثر نمونه‌ها در قانون توان بیانگر این مطلب است که انجماد تاثیر مخربی بر پیوندهای بین مولکولی صمغ قدومه شهری نداشته است.

نتایج تحقیق هگدوسیک و همکاران (۲۰۰۰) نیز نشان داد که فرایند انجماد اثری بر ویسکوزیته محلول کربوکسی متیل سلولز در آب نداشت. این محققین دلیل این امر را عدم تاثیر فرایند انجماد بر ظرفیت نگهداری آب دانستند (Hegedusic, Hereege & Rimac, 2000).

پارامترهای مدل‌های دارای تنش تسلیم برای محلول‌های صمغ دانه قدومه شهری پس از اعمال تیمار انجماد در جدول ۲ نشان داده شده است. بالاتر بودن میزان ضریب تبیین (R^2) مدل هرشل بالکی نشان‌دهنده مناسب‌تر بودن این مدل برای توصیف رفتار رئولوژیکی این محلول‌های هیدروکلوئیدی است. نتایج نشان می‌دهد که فرایند انجماد و نوع آن تاثیری بر تنش تسلیم در مدل‌های بینگهام و کاسون نداشت. در حالیکه در مدل هرشل-بالکی نمونه‌ای که با روش انجماد تند منجمد شد با نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری (در سطح ۰/۰۵) در تنش تسلیم داشت. نتایج فوق بیانگر این مطلب است که صمغ قدومه شهری پایداری بالایی طی انجماد دارد و انجماد تاثیر مخربی بر باندهای بین مولکولی نداشت



شکل ۱- اثر انجماد بر ویسکوزیته ظاهری محلول صمغ قدومه شهری با غلظت های الف) ۰/۵ درصد، ب) ۰/۷۵ درصد و ج) ۱ درصد

جدول ۱- پارامترهای رئولوژیکی مدل قانون توان برای محلول های صمغ قدومه شهری در شرایط مختلف انجماد

فرایند انجماد	غلظت صمغ (درصد)	*k*	*n*	R^2
شاهد	۰/۵	c ۰/۱۶±۱/۲۹	abc۰/۰۱±۰/۴۳	۰/۹۹
	۰/۷۵	ab۲/۰۲±۴/۱۴	de۰/۰۴±۰/۳۶	۰/۹۹
	۱	a۱/۲۳±۶/۰۴	e۰/۰۱±۰/۳۴	۰/۹۹
انجماد سریع	۰/۵	۱/۹۱±۰/۳۲bc	۰/۴۱±۰/۰۲abcd	۰/۹۷
	۰/۷۵	۵/۵۶±۰/۱۷a	۰/۳۲±۰/۰۱e	۰/۹۷
	۱	۶/۵۷±۱/۰۴a	۰/۳۷±۰/۰۲cde	۰/۹۹
انجماد کند	۰/۵	۱/۲۰±۰/۱۰c	۰/۴۷±۰/۰۱a	۰/۹۹
	۰/۷۵	۲/۸۵±۰/۱۲bc	۰/۴۳±۰/۰۰ab	۰/۹۹
	۱	۵/۵۳±۰/۳۸a	۰/۳۸±۰/۰۱bcde	۰/۹۹

جدول ۲- پارامترهای رئولوژیکی مدل های دارای تنش تسلیم برای محلول های صمغ قدومه شهری تحت انجماد

فرایند انجماد	غلظت (درصد)	هرشل-بالکی				بینگهام			کاسون		
		τ_0	*k*	*n*	R^2	τ_0	k_b	R^2	τ_0	k_c	R^2
	۰/۵	۳/۰۳±۰/۳۴c	۰/۲۸±۰/۰۴b	۰/۶۶±۰/۰۲ab	۰/۹۹	۴/۷۹±۰/۴۹d	۰/۰۳±۰/۰۰e	۰/۹۸	۲/۹۲±۰/۲۵e	۰/۱۳±۰/۰۱a	۰/۹۹
شاهد	۰/۷۵	۴/۲۰±۱/۷۸c	۲/۴۱±۱/۴۱ab	۰/۴۸±۰/۱۱b	۰/۹۹	۱۲/۳۵±۴/۳۷bc	۰/۰۷±۰/۰۱cd	۰/۹۵	۸/۱۰±۳/۴۰bcd	۰/۱۶±۰/۰۰a	۰/۹۸
	۱	۶/۵۶±۲/۹۵bc	۲/۹۶±۲/۰۷a	۰/۴۸±۰/۱۵b	۰/۹۹	۱۷/۰۸±۳/۰۷ab	۰/۰۹±۰/۰۱b	۰/۹۶	۱۱/۵۴±۲/۲۲ab	۰/۱۸±۰/۰۱a	۰/۹۸
	۰/۵	c۰/۹۳±۵/۲۵	۰/۲±۰/۵۸b	۰/۷۶±۰/۰۴a	۰/۹۹	d۰/۶۲±۶/۶۱	de۰۰/۰±/۰۵	۰/۹۹	۴/۰۲±۰/۵۴e	۰/۱۵±۰/۰۰a	۰/۹۹
انجماد	۰/۷۵	۱۲/۴۶±۰/۷a	۰/۴ ±۰/۰۳b	۰/۷۲±۰/۰۰a	۰/۹۹	abc۰/۹۴±۱۵/۱	bc۰/۰۱±۰/۰۸	۰/۹۹	۱۰/۳۹±۰/۴۸abc	۰/۱۷±۰/۰۱a	۰/۹۹
تند	۱	a۱/۷۹±۱۲/۲۷	ab۰/۳۳±۱/۴۹	۰/۵۹±۰/۰۳ab	۰/۹۹	a۲/۱۳±۲۰/۲۷	a۰/۰۱±۰/۱۳	۰/۹۷	۱۳/۰۹±۱/۷۱a	۰/۲۳±۰/۰۱a	۰/۹۹
	۰/۵	c۰/۳۶±۳/۱۱	b۰/۰۲±۰/۲۸	۰/۷±۰/۰۱a	۰/۹۹	d۰/۵۴±۴/۹۳	e۰/۰۱±۰/۰۴	۰/۹۸	۲/۷۱±۰/۲۵de	۰/۱۵±۰/۰۱a	۰/۹۹
انجماد	۰/۷۵	bc۰/۷۸±۶/۵	ab۰/۰۹±۰/۶۵	۰/۶۶±۰/۳۰ab	۰/۹۹	cd۰/۳۹±۱۰/۴۶	bc۰/۰۰±۰/۰۸	۰/۹۸	۶/۱۶±۰/۲۵cde	۰/۲۰±۰/۰۰a	۰/۹۹
کند	۱	ab۱/۴۸±۱۰/۴۸	ab۰/۲۸±۱/۲۹	۰/۶۰±۰/۰۳ab	۰/۹۹	ab۰/۷۸±۱۷/۴۷	a۰/۰۰±۰/۱۲	۰/۹۸	۱۱/۱۵±۰/۶۳ab	۰/۲۱±۰/۰۰a	۰/۹۹

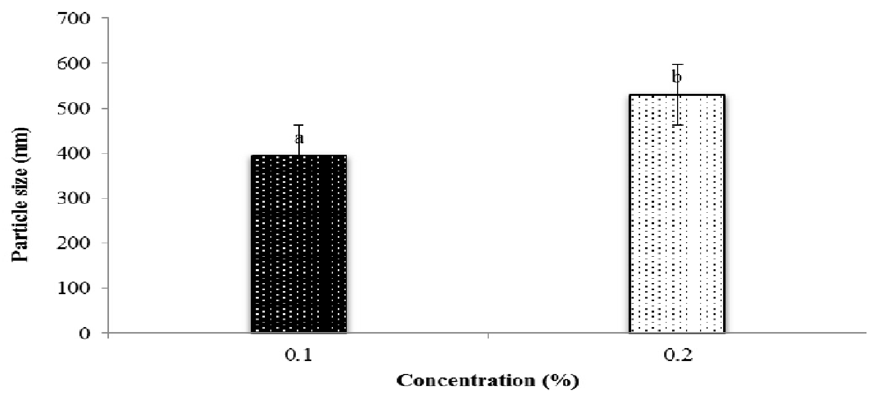
اندازه ذرات امولسیون

نتایج حاصل از تحقیق کوچکی و همکاران (۲۰۱۳) نشان داده که صمغ قدومه شهری باعث ثبات امولسیون و از دو فاز شدن آن جلوگیری می‌کند. ویژگی پایدارکنندگی امولسیون توسط صمغ قدومه شهری را می‌توان به بزرگی اندازه مولکولی پلی‌ساکاریدها نسبت داد که از تجمع قطرات روغن جلوگیری می‌کنند. ثبات امولسیون‌ها توسط هیدروکلوئیدها عموما از طریق افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته و به تاخیر انداختن حرکت قطرات می‌باشد (Lepin, Mezdour, Erazo-Majewics & Michon, 2008; Garti, Slavin & Aserin,1999).

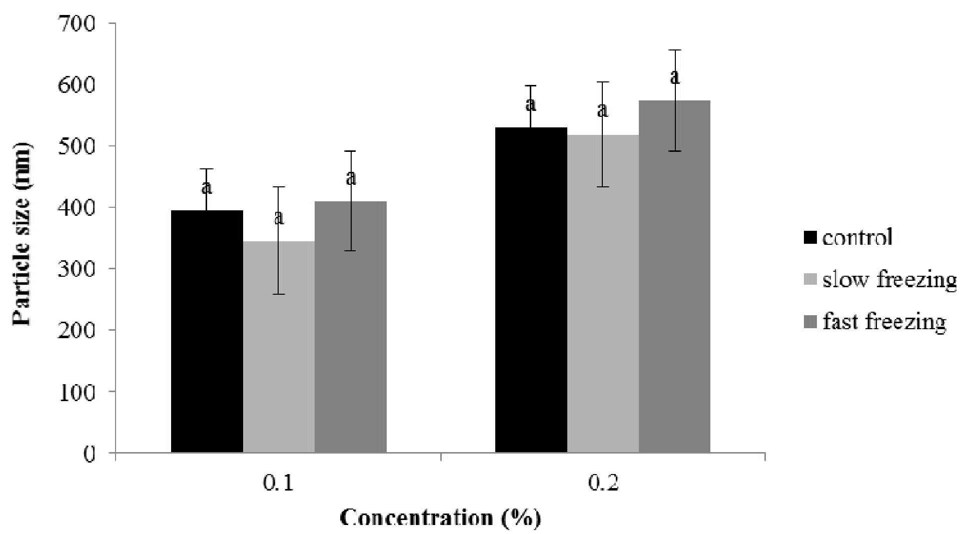
قطر میانگین قطرات امولسیون، تاثیر فراوانی برثبات آن دارد. جهت بررسی پایداری و شاخص‌های کیفی امولسیون، اندازه‌گیری این فاکتور حائز اهمیت است (McClements, 2005). شکل۲ تغییرات قطر میانگین قطرات امولسیون در غلظت‌های مختلف صمغ را نشان می‌دهد. با افزایش غلظت از ۰/۱ به ۰/۲ درصد، اندازه ذرات امولسیون به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰۵). Ye وهمکاران (۲۰۰۴) دلیل افزایش اندازه ذرات درغلظت های پایین صمغ را وقوع پدیده به هم پیوستن نقصانی می دانند. البته باید توجه داشت پدیده بهم پیوستن نقصانی در غلظت‌های بالای صمغ نیز رخ می‌دهد، اما افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته و کاهش تحرک ذرات اجازه بهم پیوستن بیشتر آنها را نمی‌دهد (Khalloufi, Corredig, Goff & Allexander, 2008).

با افزایش غلظت صمغ قدومه شیرازی نیز به دلیل افزایش گرانروی اندازه قطرات امولسیون تهیه شده افزایش یافت (Koocheki, Taherian, Razavi & Bostan, 2009). نتایج مشابهی توسط دیگر محققین مبنی بر افزایش اندازه ذرات با افزایش غلظت صمغ بذر کتان در امولسیون تهیه شده با ایزوله پروتئین سویا گزارش شده است. محققین دلیل این امر را برهمکنش‌های محدود بین صمغ و ایزوله پروتئین دانستند (Y. Wang, Li, L. Wang & Adhikari, 2011). بر اساس نتایج نشان داده شده در شکل ۳ اندازه ذرات امولسیون حاوی صمغ قدومه شهری پس از اعمال دماهای پایین تغییر معنی‌داری نکرد که نشان‌دهنده ثبات این صمغ در برابر

شرایط مختلف انجماد است. از آنجا که مکانیسم اصلی پایداری امولسیون توسط هیدروکلوئیدها افزایش ویسکوزیته می‌باشد و انجماد تاثیر مخربی بر ویسکوزیته محلول این صمغ نداشت، بنابراین قابلیت ثبات امولسیون توسط صمغ قدومه شهری حفظ شد. نتایج پژوهش خدایی و همکاران (۲۰۱۴) نیز نشان داد صمغ دانه بالنگو تحت اعمال سیکل‌های انجمادی (۳۰- و ۱۸- درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۸ ساعت و خروج از انجماد به مدت ۶ ساعت) باعث حفظ پایداری امولسیون گردید (Khodaei, Razavi & Haddad Khodaparast, 2014).



شکل ۲- تاثیر غلظت صمغ قدومه شهری بر قطر میانگین قطرات امولسیون



شکل ۳- تاثیر انجماد و غلظت بر اندازه ذرات امولسیون حاوی صمغ قدومه شهری

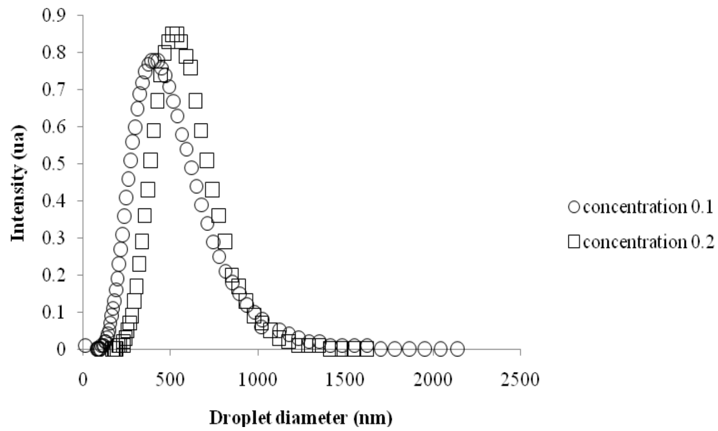
حروف یکسان روی هر خط نشانگر عدم تفاوت معنی دار بین غلظت صمغ و شرایط مختلف انجماد است (P>۰/۰۵).

منحنی‌های توزیع اندازه ذرات

اثر افزایش غلظت صمغ قدومه شهری از ۰/۱ به ۰/۲ درصد در شکل ۴ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود منحنی‌های اندازه ذرات دارای یک پیک بوده و با افزایش غلظت این صمغ منحنی به سمت راست و بالا تغییر مکان داد. این امر نشان می‌دهد که با افزایش غلظت صمغ، اندازه ذرات امولسیون بزرگتر و پراکندگی آنها نیز افزایش یافته است. محققان با بررسی اثر افزایش صمغ بذر کتان تا ۰/۵ درصد به امواسیون تهیه شده با ایزوله پروتئین سویا به نتایج مشابهی دست یافتند (Y. Wang, Li, L. Wang & Adhikari, 2011).

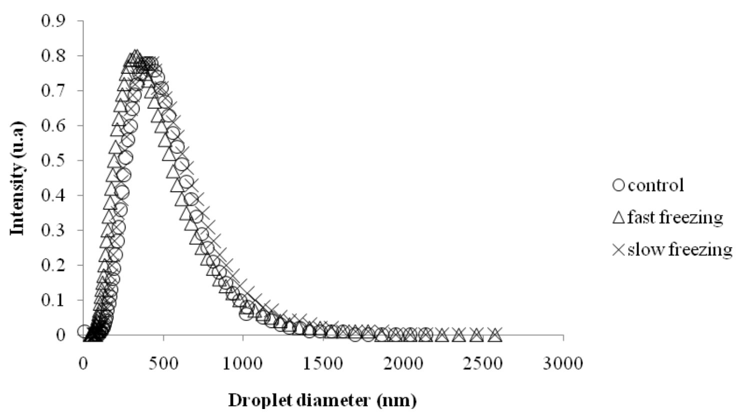
در غلظت ۰/۱ درصد فرایند انجماد تاثیر معنی‌داری بر توزیع اندازه ذرات امولسیون نداشت اما در غلظت ۰/۲ درصد منحنی توزیع اندازه ذرات امولسیون تحت انجماد سریع به سمت راست و پایین تمایل یافت (شکل ۵). این امر نشان‌دهنده اثر انجماد سریع بر کاهش

پراکندگی و افزایش قطر اندازه ذرات می باشد.

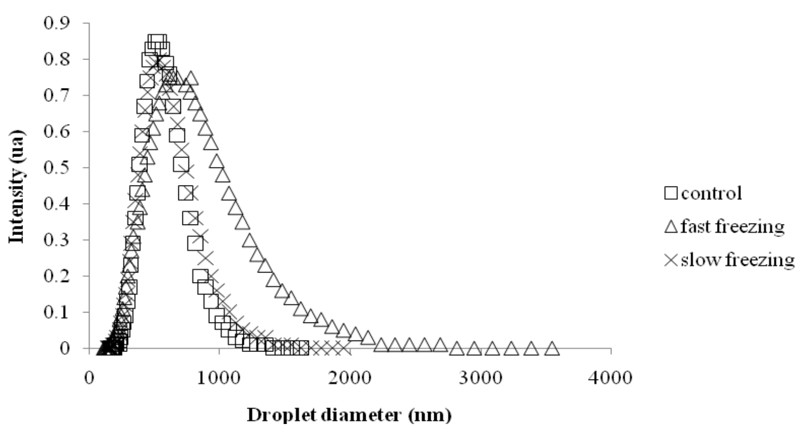


شکل٤ –اثر غلظت صمغ قدومه شهری بر منحنی توزیع اندازه ذرات امولسیون روغن در آب

الف)



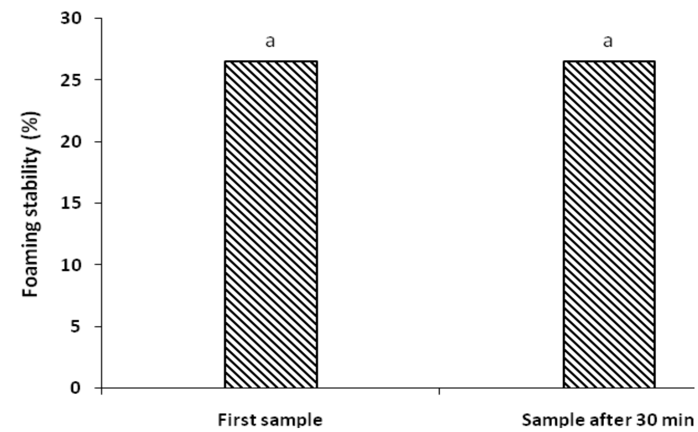
ب)



شکل ۵- منحنی توزیع اندازه ذرات امولسیون حاوی صمغ قدومه شهری تحت انجماد با غلظت الف) ۰/۱ درصد و ب) ۰/۲ درصد.

پایداری کف

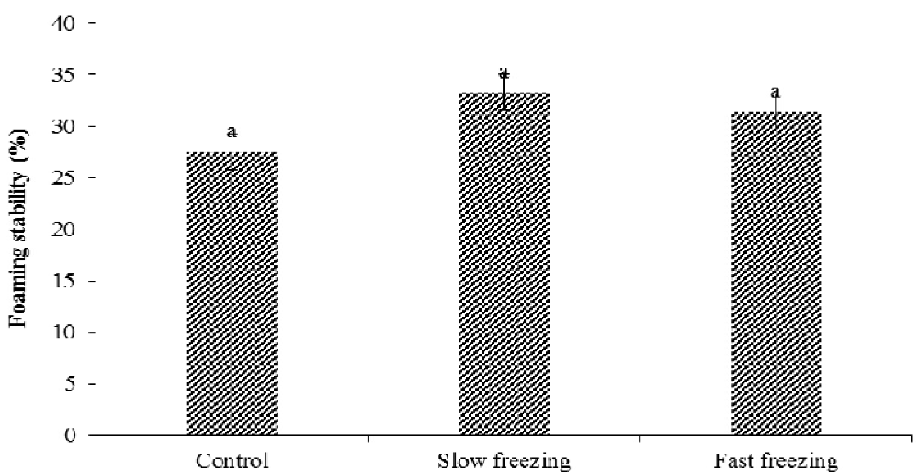
پایداری کف اشاره به حفظ ثبات کف پس از یک مدت زمان مشخص دارد. حجم کف حاوی ۰/۵ درصد صمغ قدومه شهری پس از ۳۰ دقیقه نسبت به کف اولیه هیچ تغییری نکرد (شکل۶). محلول‌های هیدروکلوئیدی با ایجاد لایه‌ای اطراف حباب های کف و جلوگیری از خروج هوا باعث ثبات آنها می‌شوند (Glicksman, 1982). هیدروکلوئیدها با افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته ناپایداری کف ها را به تاخیر می‌اندازند (Carp, Bartholomai, Relkin & Pilosof, 2001). صمغ دانه قدومه شهری باعث افزایش استقامت و پایداری کف حاوی آلبومین می‌شود (Koocheki, Taherian & Bostan, 2013).



شکل ٦- ثبات کف با صمغ قدومه شهری

حروف یکسان روی هر میله نشانگر عدم تفاوت معنی‌دار بین نمونه‌ها است(P>۰/۰۵).

نتایج بدست آمده از ثبات کف حاوی صمغ قدومه شهری تحت شرایط مختلف انجماد در شکل ۷ نشان داده شده است. پس از فرایند انجماد صمغ قدومه شهری، هیچ تغییری در کف‌های تهیه شده پس از ۳۰ دقیقه مشاهده نشد (P>۰/۰۵). پایداری کف پس از تیمار انجماد به‌طور جزیی افزایش یافت که در روش انجماد سریع این افزایش بیشتر دیده شد که البته این تغییرات معنی‌دار نبودند. دلیل ثبات کف با صمغ منجمد شده هم می‌تواند به دلیل بهم نزدیک شدن پیوندهای داخلی و افزایش ویسکوزیته می‌باشد.



شکل ۷- تاثیر صمغ قدومه شهری تحت شرایط مختلف انجماد بر ویژگی ثبات کف

حروف یکسان روی هر میله نشان عدم تفاوت معنی‌دار بین نمونه‌هاست (P>۰/۰۵).

نتیجه‌گیری

صمغ دانه قدومه شهری به عنوان یک منبع هیدروکلوئیدی نسبتا جدید نسبت به فرایند انجماد مقاوم بود. ویسکوزیته محلول صمغ قدومه شهری پس از تیمار انجماد به دلیل تبدیل آب به کریستال های یخ و افزایش اتصالات زنجیره های بین مولکولی هیدروکلوئید بطور جزیی افزایش یافت. نتایج آزمون رفتار جریان برای محلول های صمغ قدومه شهری نشان داد که رفتار رقیق شونده با برش و ضریب قوام صمغ تحت تاثیر شرایط انجماد قرار نداشت. این نتیجه حاکی از آن است که صمغ قدومه شهری در حین نگهداری محصولات غذایی در شرایط انجماد از پایداری خوبی برخوردار است. نتایج نشان داد که فرایند انجماد و نوع آن تاثیری بر تنش تسلیم در مدل های بینگهام و کاسون نداشت. در حالیکه در مدل هرشل-بالکی نمونه ای که با روش انجماد تند منجمد شد نسبت به نمونه شاهد تفاوت معنی داری در تنش تسلیم داشت. در بین مدل های برازش شده، مناسب ترین مدل برای بیان رفتار جریان صمغ قدومه شهری به دلیل داشتن بالاترین ضریب تبیین، مدل هرشل بالکی بود. اندازه ذرات امولسیون حاوی صمغ قدومه شهری پس از اعمال دمای های پایین تغییر معنی داری نکرد که نشان دهنده عدم تاثیر شرایط مختلف انجماد بر ثبات این صمغ است. از آنجا که مکانیسم اصلی پایداری امولسیون توسط هیدروکلوئیدها افزایش ویسکوزیته می باشد و انجماد تاثیر مخربی بر ویسکوزیته محلول این صمغ نداشت، بنابراین قابلیت ثبات امولسیون توسط صمغ قدومه شهری حفظ شد. پس از فرایند انجماد صمغ قدومه شهری، هیچ تغییری در ثبات کف های تهیه شده پس از ۳۰ دقیقه ایجاد نکرد.

منابع

Bhandari, B. and Roos, Y.H. (2012).Food Materials Science and Engineering.Wiley Black well. In press.

Burey, P., Bhandari, B, R., Howes, T., and Gidley, M.J. (2008). Hydrocolloid Gel Particle: Characterization and Application, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48: 361-377.

Carp, D. J., Bartholomai, G. B., Relkin, P., andPilosof, A. M. R. (2001). Effect of denaturation on soy protein-xanthan interaction: comparison of whipping rheological and a bubbling method. Colloids and Surfaces B: Biointerface, 21: 163-171.

Garti, N., Slavin, Y,.Aserin, A. (1999). Surface and emulsification properties of a new gum extracted from Portulacaoleracea L. *Food Hydrocolloids*, 13: 141-155.

Glicksman, M. (1982).*Food hydrocolloids*. 1-3, CRC press, Florida

Holt, C., William, B. (1991). The effect of polymers on ice crystal growth.*Food Freezing*: Today and Tomorrow, Springer London, 6: 81-86.

Hegedusic, V., Hereege, Z., and Rimac, S. (2000). Rheological properties of m and whey model solution before and after freezing. *Food Technology and Biotechnology*, 38(1): 19-26.

Khalloufi, S., Corredig, M., Goff, H. D., and Allexander, M. (2008). Flaxseed gums and their adsorption on whey protein-stabilized oil-in-water emulsions. *Food Hydrocolloids*, 23: 611-618.

Khodaei, D., Razavi, S. M. A. & Haddad Khodaparast, M. H. (2014). Functional properties of Balangu seed gum over multiple freeze-thaw cycles, *Food ResearchInternational*.

Koocheki, A. Taherian, A. R., Bostan, A. (2013). Studies on the steady shear flow behavior and functional properties of Lepidium perfoliatum seed gum. *Food Research International*, 50: 446–456.

Koocheki, A. Taherian, A. R, Razavi, S. M. A, Bostan, M. (2009). Response surface methodology for optimization of extraction yield, viscosity, hue and emulsion stability of mucilage extracted from Lepidium Perfoliatum seeds. *Food Hydrocolloid*, 23: 2369-2379.

Lepin, A., Mezdour, S,.Erazo-Majewics, P., and Michon, c. (2008). Hydroxypropyl cellulose as a stabilizing agent of emulsion. *Gums and stabilisers for food industry*, 14: 245-256.

McClements, D. J. 2005. Food emulsion: principles, practice, and techniques. Boca Raton, FL: CRC Press.

Naji, S., Razavi, S.M.A., and Karazhiyan, H.(2013). Effect of freezing on functional and textural attributes of cress seed gum and xanthan gum, *Food and Bioprocess Technology*, 6(5): 1302-1311.

Phillips, G. O., Williams, P. A. 2000. Handbook of Hydrocolloids. CRC Press, Florida.

Soleimanpour, M., Koocheki, A., Kadkhodaee, R. (2013). Effect of Lepidium perfoliatum seed gum addition on whey protein concentrate stabilized emulsions stored at cold and ambient temperature, Food Hydrocolloids, 30: 292-301.

Steff, J. F. 1996. Rheological methods in food process engineering. *Freeman Press*, USA.

Wang, Y., Li. D.,Wang, L., and Adhikari, B. (2011). The effect of addition of flaxseed gum on the emulsion properties of soybeean protein isolate (SPI). *Jornal of Food Engineering*, 104: 56-62.

Wang, Y., Li, D., Wang, L., Li, S., &Adhikari, B. (2010). Effects of drying methods on the functional properties of flaxseed gum powders, *Carbohydrate Polymers*, 81. 128-133.

Williams, D. P., Sadar, L. N., and Lo, Y. M. (2009).Texture stability of hydrogel complex containing curdlan gum over multiple freeze-thaw cycles.*Journal of Food Processing and Preservation*, 33: 126-139.

Ye, A., Hemar, Y., and Singh, H. (2004). Enhancement of coalescence by xanthan addition to oil in water emulsions formed with extensively hydrolysed whey proteins. *Food Hydrocolloids*, 18: 737-746.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 13, No. 2, June. July. 2017, p. 240- 250

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۳، شماره ۲، خرداد-تیر ۱۳۹۶ ص.۲۵۰-۲۴۰

Effect of freezing on functional properties of *Lepidium perfoliatum* seed gum

M. Mahfoozy[1], A. Koocheki[2], S. M. A.Razavi[3]

Received: 2015.08.17
Accepted: 2016.03.13

Introduction: Freezing is one of the ways to extend the shelf life and improve the chemical and microbiological stability of food products. Food products are exposed to different processes and the functional properties of the products change during these processing. Hydrocolloids are used to stabilize the products undergoing different food processing. However the addition of hydrocolloids to food products shifts the foods characters. On the other hand, hydrocolloids decrease the growing rate of ice crystals in dispersions. *Lipidium perfoliatum* locally called Qodume shahri. The study on the functional properties of *Lipidium perfoliatum* seed gum (LPSG) proved that this gum was able to bind with a large amount of water and increase the product consistency. The main purpose of this study was to understand the effect of freezing condition on functional properties including the rheological properties (steady shear rate), emulsion particle size distribution and foaming stability at different gum concentration of LPSG.

Materials and methods: The materials were purchased from a local detailer. LPSG was extracted in optimum condition (T: 48±1 ºC, pH=8, proportion water to seed 30 to 1, t: 1.5 h) according to method previously described by koocheki et al. (2009). After the preparation of the freeze-dried gum powder, dispersions of LPSG were prepared in distilled water at different concentrations (0.5, 0.75 and 1% w/v). In order to study the effects of freezing condition on the functional properties of LPSG, the samples were freezed at slow and fast conditions. The flow behavior was described by fitting the shear stress (τ) to shear rate (γ) data with the models to determine the best model to describe the flow behavior of LPSG. For the Emulsion preparation, the aqueous phase was prepared by mixing 2 g WPC into 30 g distilled water and an appropriate amount of LPSG (0.1 and 0.2 g) into 50 g distilled water on a magnetic stirrer for 10 min at room temperature. The dispersions were then left overnight at 4 ºC prior to emulsion preparation. The emulsion was prepared by mixing 20 g sunflower oil with WPC using a magnetic stirrer for 10 min. The mixture was subsequently pre-homogenized with a laboratory homogenizer at a rate of 20,000 rpm for 2 min at room temperature. After that, the gum solution was added to the emulsion and homogenized for 4 min at the same rate. The particle size analyzer was used to measure the mean diameter. For the foaming stability, the gum dispersions were prepared at 0.5% gum concentration and left overnight in a refrigerator to ensure a complete hydration. Afterwards, they were treated with different temperatures. 2% of egg white powder was added to the solutions and mixed by a homogenizer for 2 min at 20000 rpm. The foam stability was calculated as the foam volume after 30 minutes. A completely randomized design with the factorial arrangement was used for statistical analysis. All experiments were statistically analysed by Analysis of Variance (ANOVA) in Minitab R14. The p-values of < 0.05 were considered significant. All measurements were triplicated and the average values were reported.

Results and discussion: Results showed that the LPSG apparent viscosity increased insignificantly after the fast freezing condition. All samples illustrated non-Newtonian shear thinning behavior. Herschel- bulkley model was the best model to describe the flow behavior of the LPSG solution with the high determination coefficients. Among the selected rheological models, the flow behavior indices and consistency coefficients were unchanged. However freezing condition had no significant effect on the emulsion particle size. After 30 min foam stabilized by LPSG was constant. Therefore, LPSG can be considered as an appropriate stabilizer and thickening agent during freezing condition.

Keywords: Freezing, *Lipidium perfoliatum* seed gum, Functional properties, Rheology, Emulsion particle size, Foam stability.

1, 2 and 3- Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Mashhad, Iran
(*Corresponding Author Email: koocheki@um.ac.ir)